Ontario Ministry of Agriculture and Food

ORDER NO. 90-049
FEBRUARY 1990
AGDEX 257/560

Factsheet

IRRIGATION SCHEDULING FOR TOMATOES – WATER BUDGET APPROACH

C.S. Tan, Agriculture Canada, Research Station, Harrow

The Need for Irrigation

In Canada, about 93% of the processing tomatoes are grown in Ontario with 76% of the acreage in southwestern Ontario. Processing tomatoes are the highest valued horticultural crop in this province.

Processing tomatoes are long-season and relatively shallow-rooted plants with high water requirements. An average cultivar requires about 40 cm of water over the growing season. During the season, rainfall in southern Ontario is very irregular with amounts ranging from 20 to 60 cm. In most years, rainfall does not supply a tomato crop with sufficient water for optimum yeilds.

As the spread of mechanized harvesting leads more growers to favor growing their tomatoes on lighter soils, irrigation may have to become a more important concern for tomato producers. Dry spells create the need to provide supplemental irrigation in some seasons. Excess water may hamper crop production as much as dry weather. Thus, tomato growers are searching for good water management practices in order to maximize tomato production per unit land base.

Maximum benefit from irrigation will be achieved only by adding proper amounts of water at the right time to reduce moisture stress.

Table 1. Comparison of average yields from irrigated and nonirrigated five tomato cultivars from 1985 to 1988

		Marketable Yeild (tonnes/ha)			
Year	Cultivars	Non-irragated	Irrigated	Increase	Gross $/ha[a]
1985	FM6203	35.4	47.7	12.3	1599
	H2653	36.8	41.1	4.3	559
	H722	41.4	48.8	7.4	962
	O7814	--	--	--	--
	PUR812	41.4	55.5	14.1	1833
Average		38.8	48.3	9.5	$1238
1986	FM6203	58.2	70.6	12.4	1612
	H2653	30.3	33.2	2.9	377
	H722	52.4	65.6	13.2	1716
	O7814	63.4	69.7	6.3	819
	PUR812	57.6	64.0	6.4	832
Average		52.4	60.6	8.2	$1071
1987	FM6203	42.9	45.0	2.1	273
	H2653	31.4	39.4	8.0	1040
	H722	37.4	39.8	2.4	312
	O7814	45.3	50.1	4.8	624
	PUR812	45.3	50.5	5.2	676
Average		40.5	45.0	4.5	$ 585
1988	FM6203	18.8	38.9	20.1	2613
	H2653	15.5	34.5	19.0	2470
	H722	23.4	40.9	17.5	2275
	O7814	24.0	50.9	26.9	3497
	PUR812	24.8	49.5	24.7	3211
Average		21.3	42.9	21.6	$2813

[a] Based on 1989 average marketable yield price of $130/tonne ($118/ton)

Tomato Yield Responses to Irrigation

Irregular and inadequate water supply reduced growth, yield, and quality of different tomato cultivars. While irrigated tomatoes produced good yields every year (Table 1), response to irrigation varied greatly from one year to the next depending upon the amount and distribution of rainfall during the growing season. Although some cultivars responded to irrigation better than others, the average increase in yield of five tomato cultivars due to irrigation was 11 tonnes per hectare ($1430/ha), with the largest increase being 21.6 tonnes per hectare ($2813/ha) and the smallest increase 4.5 tonnes per hectare ($585/ha) during a 4-year period in southern Ontario.

Factors Affecting on Tomato Irrigation Requirements

Tomato water requirements are affected by soil, plant, climatic and management factors.

Important soil factors include water intake rate and available water holding capacity of soils with different textures (Table 2). The water intake is a useful parameter for designing irrigation systems and determining the rate at which water can be applied to the soil without the soil puddling. The available water holding capacity refers to the amount of water held by the soil in the rooting zone between the field capacity and the permanent wilting point. The field capacity is the upper limit of soil water available for plant use. The permanent wilting point is the lower soil water limit below which plants cannot effectively extract water. The water holding capacity of a soil depends largely on its texture. Coarse-textured soils hold less water than fine-textured soils. This means that more frequent irrigation would be required for coarse-textured than fine-textured soils. The available water holding capacity is an important parameter for estimating how often a particular field requires irrigation.

Table 2. Ranges in available water capacity and intake rate for various soil textures.

Soil Texture	Available water capacity (mm of water/cm of soil)	Intake Rate (mm/hr)
Sands	0.5 - 0.8	12 - 20
Loamy sand	0.7 - 1.0	7 - 12
Sandy loam	0.9 - 1.2	7 - 12
Loam	1.3 - 1.7	7 - 12
Silt loam	1.4 - 1.7	4 - 7
Silty clay loam	1.5 - 2.0	4 - 7
Clay loam	1.5 - 1.8	4 - 7
Clay	1.5 - 1.7	2 - 5

Important plant factors include rooting depth, growth stage as affected by soil moisture deficit, and the yield threshold depletion or allowable soil water depletion. Transplanted tomatoes are a relatively shallow-rooted crop. Although roots may penetrate beyond 1 m in depth, the greatest concentration

of roots is in upper 30 cm. The daily and seasonal water use by irrigated tomatoes during the growing season is shown in Figure 1. Water use by irrigated tomatoes varies with the crop development stage. The peak water use periods occur during fruit set and fruit development. Irregular and inadequate water supply during these periods can result in poor fruit set and blossom-end rot. Optimizing both yield and quality is accomplished by matching water application to peak crop water use rate. The yield threshold depletion, or allowable soil water depletion is the percentage of available water that can be depleted from the soil before there is an adverse effect on yield and quality of the crop. The allowable soil water depletion value for tomatoes is about 50%.

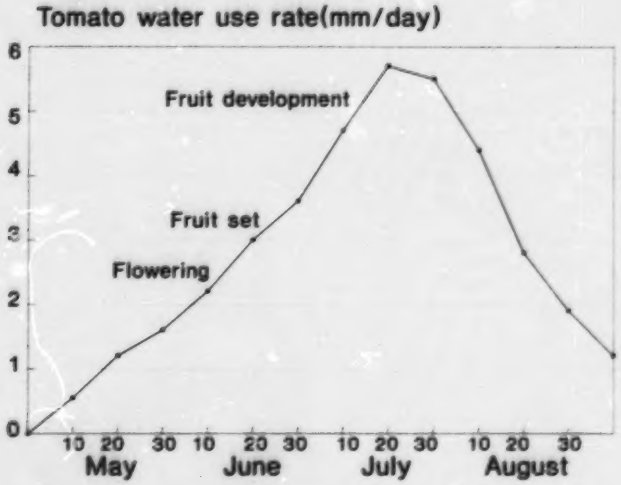

Figure 1. Average water use rate for irrigated tomatoes

Important climatic factors include rainfall, solar radiation, air temperature, wind, and relative humidity. The water loss by vegetation and soil during the growing season must be replenished by irrigation or rainfall for optimum crop production. Rainfall usually reduces the irrigation requirements. A gradual gentle rainfall over a long duration will adequately replenish the root zone without irrigation while heavy rains of short duration often causes runoff and deep percolation. Because rainfall is highly variable, measurements should be taken near the fields scheduled for irrigation. Tomato water use depends on solar radiation, temperature, wind, and relative humidity. Over a wide range of climatic conditions, the simple product of air temperature times radiation can be used to estimate maximum tomato water use (Tan, 1980).

Good management practices are essential and ensure the greatest returns from irrigation. The grower must plant recommended varieties and plant populations, provide the proper control of weeds, diseases and insects, and maintain proper fertility levels.

Methods of Determining Irrigation Needs

How can a grower tell when to, and when not to irrigate? There are three basic ways.

First, you can test the soil with your hands, giving it the "feel test" to see if "feels" dry enough to irrigate, or if it "feels" moist enough to justify holding off for a while. While this "feel" method is cheap and fast, its accuracy leaves a lot to be desired.

Tensiometers provide a second option. These devices measure soil moisture suction and have found a place on a number of Ontario farms. The difficulty in using ese devices is that the reading on the device varies with soilpe. Tensiometers are better suited for use on sandy soils, ere they monitor most of the available moisture range. In avy soils, large amounts of available moisture occurs outsithe detection limits of the tensiometer.

A third method is the water budget approach. The mod is based on climatic data and has the following advantagfor scheduling irrigation: (1) no equipment requirement(2) accuracy; (3) simplicity of use; and (4) flexibility allng easy adaptation for use in other crops.

In a water budget, the crop root zone is visualizes a reservoir of available water. Two things add to the reseoir: rainfall and irrigation. Water is removed from reseoir through crop water consumption. A grower managhe water budget like a bank account. Irrigation and rainfare deposits to the account, and daily crop water us a withdrawal from the account. Available soil moisture red in the root zone is then like the balance in the account. Fthe water budget approach to work, the grower has to calate how much water is being taken out of the soil to detene how much water has to be added to keep the moisture bce within the optimal range. The main requiremefor scheduling irrigation with the water budget approach ihat you have accurate estimates of daily crop water use. Theily crop water use can be estimated from percent crop covand maximum evapotranspiration rate derived from climatieta. The water budget approach for scheduling irrigati of tomatoes can be broken down into 6 basic steps.

Step 1 *Estimate the amount of available water in the tato root zone*

Table 2 gives estimated available water per u of rooting depth for soils of various textures. he greatest number of tomato roots are located at cm depth up until flowering and increases to 6cm depth during fruit set and fruit development peds. The total available water is determineby multiplying the appropriate available water val by the rooting depth.

Step 2 *Estimate allowable soil water depletion (or ld threshold depletion) between irrigations*

As discussed above, allowable soil water deplen is the portion of the available water in the roone (50% for tomato) that can be extracted wout causing adverse effects on tomato yield and qity. To estimate allowable soil water depletion, sply multiply available water (step 1) by 50%.

Step 3 *Estimate the rate of tomato water use*

Table 3 provides information on average ily tomato water use for three locations in soern Ontario as affected by percent crop ver (percentage of the soil surface covered by throp canopy).

Step 4 *Decide when to irrigate*

The starting point for calculating the timing the first spring irrigation is ideally after a thoigh wetting of the soil by irrigation or heavy rfall which bring the soil reservoir to field capaci If this does not occur, the initial amount of avable water in the crop root zone must be determin by direct observation such as "feel test" or measunent such as tensiometer method. Deciding wh to

irrigate the tomatoes is determined by subtracting daily tomato water use (Step 3) from total available water in the root zone (Step 1) until the soil water has been reduced to the allowable depletion level (Step 2). This procedure is illustrated in Table 4.

Table 3. Estimated average daily tomato water use for Southern Ontario[1]

Month	Date	Ridgetown			Simcoe			Windsor		
		percent crop cover			percent crop cover			percent crop cover		
		0-30	30-70	70-100	0-30	30-70	70-100	0-30	30-70	70-100
		Average Daily Water Use (mm)								
May	1 - 7	0.4	1.7	2.2	0.4	2.2	2.8	0.4	1.7	2.2
	8-14	0.7	3.0	3.8	0.7	3.0	3.8	0.7	3.0	3.8
	15-21	0.7	3.0	3.8	0.9	3.8	4.7	0.8	3.1	3.9
	22-31	0.7	3.0	3.8	0.9	3.8	4.7	0.8	3.1	3.9
June	1- 7	0.8	3.4	4.2	1.0	4.0	5.0	0.8	3.4	4.2
	8-14	0.8	3.4	4.2	1.0	4.0	5.0	0.8	3.4	4.2
	15-21	0.9	3.8	4.7	1.0	4.2	5.2	0.9	3.7	4.6
	22-30	1.0	4.2	5.2	1.1	4.4	5.5	1.0	3.9	4.9
July	1- 7	0.9	3.8	4.7	1.1	4.3	5.4	1.0	4.0	5.0
	8-14	0.9	3.8	4.7	1.1	4.3	5.4	1.1	4.2	5.2
	15-21	0.9	3.4	4.6	1.1	4.3	5.4	1.1	4.2	5.2
	22-31	0.9	3.4	4.6	1.1	4.3	5.4	1.0	3.8	4.8
August	1- 7	0.9	3.4	4.6	1.0	3.9	4.9	1.0	3.8	4.8
	8-14	0.8	3.0	3.8	0.9	3.6	4.5	0.8	3.4	4.2
	15-21	0.6	2.6	3.2	0.8	3.3	4.1	0.7	2.8	3.5
	22-31	0.6	2.6	3.2	0.8	3.3	4.1	0.7	2.8	3.5
Sept	1- 7	0.5	2.0	2.6	0.7	2.7	3.4	0.5	2.2	2.7
	8-14	0.4	1.8	2.2	0.6	2.4	3.0	0.5	1.9	2.4

[1] Derived from weekly maximum evapotranspiration data at each location using crop factors of 20, 80 and 100 percent for the 0-30, 30-70 and 70-100 percent crop cover, respectively. (Weekly maximum evapotranspiration data from Treidl, 1979. Crop factor data from Tan and Fulton, 1980).

Step 5 *Calculate the irrigation amount*

Amount of water to apply =

$$\frac{\text{Allowable soil water depletion}}{\text{Irrigation efficiency}} = \frac{\text{50\% x total available water}}{\text{Irrigation efficiency}}$$

Irrigation efficiency varies with size and uniformity of the fields and climatic conditions. Water application may be lost through deep percolation, runoff and evaporation. Well designed and managed sprinkler systems are generally around 75% efficient. Drip irrigation systems usually have much higher irrigation efficiency than sprinkler systems.

Step 6 *Calculate duration of water application*

$$\text{Application time} = \frac{\text{Amount of water to apply}}{\text{Application rate}}$$

The duration of water application depends on the amount of water to be applied (step 5) and water intake rate of the soil (Table 2). If you have soil that absorbs water slowly select a system that will apply water at a rate low enough to prevent soil puddling.

Example 1 Given:

Soil Type: Loamy sand
Rooting depth: before flowering - 30 cm
after flowering - 60 cm

Calculation:

Step 1 Total available water in the root zone (before flowering)
= available water (mm/cm) x rooting depth

Table 4. Example of a water budget approach for scheduling irrigation of tomatoes.

Location: Harrow

Soil type: Loamy sand

Rooting depth:
before flowering (before June 15) - 30cm
after flowering (after June 16) - 60 cm

Maximum total available water:
before flowering - 30 mm (see example 1)
after flowering - 60 mm (see example 1)

Allowable soil water depletion:
before flowering - 15 mm (see example 1)
after flowering - 30 mm (see example 1)

Date	Rain (mm)	Percent crop cover	Tomato water use (mm)	Total available water (mm)	Irrigation amount (mm)
June, 1987					
1	0.8	25	0.8[a]		
2	44.4	25	0.8	30.0[b]	
3		25	0.8	29.2	
4		25	0.8	28.4	
5	0.4	30	0.8	28.0	
6	1.6	30	0.8	28.8	
7		30	0.8	28.0	
8	1.6	40	3.4	26.2	
9		40	3.4	22.8	
10		40	3.4	19.4	
11	8.4	40	3.4	24.4	
12		45	3.4	21.0	
13		45	3.4	17.6	
14		45	3.4	14.2[c]	20[e]
15		50	3.7	30.0	
16		50	3.7	60.0[d]	
17		50	3.7	56.3	
18		50	3.7	52.6	
19	9.4	50	3.7	58.3	
20		60	3.7	54.6	

[a] See table 3

[b] On June 2, a heavy rain of 44.4 mm filled the soil reservoir to field capacity

[c] Total available water in the 30cm root zone fell below the allowable depletion level of 15 mm.

[d] Total available water after flowering = available water (mm/cm) x rooting depth = 1.0 mm/cm X 60 cm = 60 mm.

[e] Irrigation amount = $\frac{\text{Allowable soil water depletion}}{\text{Irrigation efficiency}} = \frac{15mm}{0.75} =$ *20 mm*

[f] Application time = $\frac{\text{Irrigation amount}}{\text{Application rate}} = \frac{20\ mm}{12\ mm/hr} =$ *1 hr 40 min*

= 1.0 mm/cm x 30 cm
= 30 mm

Total available water in the root zone (after flowering)
= 1.0 mm/cm x 60 cm
= 60 cm

Step 2 Allowable soil water depletion (before flowering)
= 50% x total available water in the root zone
= 50% x 30 mm = 15 mm
therefore, commence irrigation when the crop has used 15 mm of water (from Table 3)

Allowable soil water depletion (after flowering)
= 50% x 60 mm = 30 mm
therefore, commence irrigation when the crop has used 30 mm of water (from Table 3).

102-06866/

Step 3 Average daily tomato water use can be estimated from Table 3, for the appropriate time of year and percent crop cover. For example, at Ridgtown, during the first 2 weeks of July, if the crop covers 50% of the soil surface, daily tomato water use is 3.8 mm.

Step 4 Timing of irrigation can be determined by dividing allowable soil water depletion (step 2) by the estimated daily tomato water use (step 3). For example, if no rainfall occurs during the first 2 weeks of July, irrigation should be applied 4 days (15 mm/3.8mm) apart before flowering, and 8 days (30 mm/3.8 mm) apart after flowering.

Step 5 Irrigation amount (before flowering)

$$= \frac{\text{Allowable soil water depletion (step 2)}}{\text{Irrigation efficiency}}$$

$$= \frac{15\text{mm}}{0.75} = 20\text{mm}$$

Irrigation amount (after flowering)

$$= \frac{30\text{ mm}}{0.75} = 40\text{ mm}$$

Step 6 Application time (before flowering)

$$= \frac{\text{Irrigation amount (step 5)}}{\text{Application rate (Table 2)}} = \frac{20\text{ mm}}{12\text{ mm/hr}} =$$

1 hrs 40 min

Application time (after flowering)

$$= \frac{40\text{ mm}}{12\text{ mm/hr}} = 3\text{ hrs }20\text{ min}$$

Example 2 Given:

Soil Type: Loam
Rooting depth: before flowering - 30 cm
after flowering - 60 cm

Calculation:

Step 1 Total available water in the root zone (before flowering
= 1.7 mm/cm x 30 cm
= 51 mm
Total available water in the root zone (after flowering)
= 1.7 mm/cm x 60 cm
= 102 mm

Step 2 Allowable soil water depletion (before flowering)
= 50% x 51 mm = 25.5 mm
Allowable soil water depletion (after flowering)
= 50% x 102 mm = 51 mm

Step 3 Same as example 1

Step 4 If no rainfall occurs during the first 2 weeks of July, irrigation should be applied about 7 days (25.5 mm/3.8 mm) apart before flowering, and 13 days (51 mm/3.8 mm) apart after flowering.

Step 5 Irrigation amount (before flowering)

$$= \frac{25.5\text{ mm}}{0.75} = 34\text{ mm}$$

Irrigation amount (after flowering)

$$= \frac{51\text{ mm}}{0.75} = 68\text{ mm}$$

Step 6 Application time (before flowering)

$$= \frac{34\text{ mm}}{12\text{ mm/hr}} = 2\text{ hrs }50\text{ min}$$

Application time (after flowering)

$$= \frac{68\text{ mm}}{12\text{ mm/hr}} = 5\text{ hrs }40\text{ min}$$

Example 3 Given:

Soil Type: Clay
Rooting depth: before flowering - 30 cm
after flowering - 60 cm

Calculation:

Step 1-5 Same as example 2

Step 6 Application time (before flowering)

$$= \frac{34\text{ mm}}{5\text{ mm/hr}} = 6\text{ hrs }48\text{ min}$$

Application Time (after flowering)

$$= \frac{68\text{ mm}}{5\text{ mm/hr}} = 13\text{ hr }36\text{ min}$$

References

Tan, C.S. 1980. *Estimating crop evapotranspiration for irrigation scheduling.* Agriculture Canada Vol. 25(4):26-29.

Tan, C.S. and J.M. Fulton. 1980. *Ratio between evapotranspiration of irrigated crops from floating lysimeters and Class A pan evaporation.* Can. J. Plant Sci. 60:197-201

Treidl, R.A. 1979. *Handbook on agriculture and forest meteorology manual.* Atmosphere Environment, Downsview, Ontario.

8M
ISSN 0225-7882

Ontario

No de commande: 90-113
Avril 1990
AGDEX 257
560

Fiche Technique

PROGRAMME D'IRRIGATION DES TOMATES - MÉTHODE DU BILAN HYDRIQUE

C.S. Tan, Agriculture Canada, Station de recherches, Harrow

Traduction de «Irrigation Scheduling for Tomatoes - Water Budget Approach», février 1990, Centre de ressources agro-alimentaires, Collège de technologie agricole et alimentaire d'Alfred.

Besoin d'irrigation

Au Canada, environ 93 % des tomates de transformation sont produites en Ontario où 76 % des superficies consacrées à cette culture se trouvent dans le Sud-ouest de la province. Les tomates de transformation constituent la récolte horticole ayant la plus forte valeur dans cette province.

Les tomates de transformation sont des plants à maturité tardive et à enracinement superficiel dont les besoins en eau sont grands. Un cultivar moyen a besoin d'environ 40 cm d'eau tout au long de la saison de croissance. Dans le sud de l'Ontario, les précipitations de pluie durant cette période sont très irrégulières, les quantités variant de 20 à 60 cm. La plupart du temps, les précipitations ne fournissent pas assez d'eau aux tomates pour assurer des rendements optimaux.

Tableau 1. Comparaison des rendements moyens de cinq cultivars de tomates de 1985 à 1988, avec et sans irrigation

		Rendement de valeur marchande (tonnes/ha)			
Année	Cultivars	sans irr.	avec irr.	Aug.	Revenu brut $/ha*
1985	FM6203	35,4	47,7	12,3	1 599
	H2653	36,8	41,1	4,3	559
	H722	41,4	48,8	7,4	962
	O7814	---	---	---	---
	PUR812	41,4	55,5	14,1	1 833
Moyenne		38,8	48,3	9,5	1 238 $
1986	FM6203	58,2	70,6	12,4	1 612
	H2653	30,3	33,2	2,9	377
	H722	52,4	65,6	13,2	1 716
	O7814	63,4	69,7	6,3	819
	PUR812	57,6	64,0	6,4	832
Moyenne		52,4	60,6	8,2	1 071 $
1987	FM6203	42,9	45,0	2,1	273
	H2653	31,4	39,4	8,0	1 040
	H722	37,4	[illegible]	2,4	312
	O7814	45,3	[illegible]	4,8	624
	PUR812	45,3	[illegible]	5,2	676
Moyenne		40,5	[illegible]	4,5	585 $
1988	FM6203	18,8	38,9	20,1	2 613
	H2653	15,5	34,5	19,0	2 470
	H722	23,4	40,9	17,5	2 275
	O7814	24,0	50,9	26,9	3 497
	PUR812	24,8	49,5	24,7	3 211
Moyenne		21,3	42,9	21,6	2 813 $

* D'après le prix moyen de 130 $/tonne métrique (118 $/tonne) de 1989

La popularité de la mécanisation des récoltes a poussé un nombre plus grand de producteurs de tomates à établir leurs plantations de préférence dans des sols légers. L'irrigation devient de ce fait un sujet de préoccupation plus présent. Les périodes de sécheresse obligent à fournir une irrigation supplémentaire au cours de certaines saisons. Un surplus d'eau peut nuire tout autant à la récolte que des conditions trop sèches. C'est pourquoi, les producteurs de tomates sont à la recherche de pratiques éprouvées de régie de l'eau afin de maximiser la production de tomates par parcelle de terrain.

L'irrigation produira les meilleurs résultats seulement si les apports d'eau sont bien dosés et effectués au bon moment de façon à réduire le stress hydrique.

Irrigation et rendement des tomates

Des apports d'eau irréguliers et inadéquats ont réduit la croissance, le rendement et la qualité de différents cultivars de tomate. Bien que des plantations irriguées aient produit de bons rendements chaque année (tableau 1), les effets de l'irrigation ont varié grandement d'une année à l'autre, selon la quantité et la répartition des pluies au cours de la saison de croissance. Dans le Sud de l'Ontario, quoique certains cultivars aient mieux réagi que d'autres à l'irrigation, l'augmentation moyenne du rendement de cinq cultivars a été de 11 tonnes à l'hectare (1 430 $/ha), l'augmentation la plus forte étant de 21,6 tonnes (2 813 $/ha) et la plus faible de 4,5 tonnes (585 $/ha) pour une période de quatre ans.

Facteurs agissant sur les besoins d'irrigation

Les caractéristiques du sol, des plants, du climat et les méthodes de régie sont autant de facteurs qui agissent sur les besoins en eau des tomates.

Au nombre des caractéristiques pédologiques impor-

tantes, on retrouve le taux d'absorption et la capacité de rétention de l'eau disponible des sols ayant des textures différentes (tableau 2). Il est utile de connaître le taux d'absorption de l'eau lorsqu'on conçoit les systèmes d'irrigation et fixe une vitesse d'arrosage pour empêcher la mise en boue du sol. La capacité de rétention de l'eau disponible se rapporte à la quantité d'eau retenue par le sol dans la zone des racines et elle se situe entre la capacité au champs et le point de flétrissement permanent. La capacité au champ est la quantité maximale d'eau du sol disponible aux plantes. Le point de flétrissement permanent est la quantité minimale d'eau du sol au-delà de laquelle les plants ne peuvent extraire l'eau efficacement. La capacité de rétention d'un sol dépend largement de sa texture. Les sols à texture grossière retiennent moins d'eau que les sols à texture fine. Cela signifie que les premiers nécessiteront une irrigation plus fréquente que les deuxièmes. Il est important de connaître la capacité de rétention de l'eau disponible pour calculer la fréquence d'irrigation d'un champ quelconque.

Les caractéristiques importantes pour les plantes sont la profondeur d'enracinement, le stade de croissance lorsque survient un déficit en eau du sol et le seuil de réduction du rendement ou la réduction tolérable de l'eau du sol. Les tomates transplantées sont des plantes à enracinement relativement peu profond. Bien que les racines pénètrent parfois jusqu'à un mètre, la plus grande partie se concentre dans les premiers 30 cm. La figure 1 présente les utilisations d'eau, quotidienne et saisonnière, des tomates irriguées tout au long de la saison de croissance. Les quantités d'eau utilisées pour les tomates irriguées varient selon le stade de développement de la culture. Les périodes de pointe d'utilisation surviennent pendant la nouaison et la fructification. Des apports d'eau irréguliers et inadéquats à ces époques peuvent altérer la nouaison et provoquer la pourriture apicale. On obtient une qualité et un rendement optimaux en apportant, par irrigation, une quantité d'eau égale aux besoins en eau de la culture en période de pointe. Le seuil de réduction du rendement ou réduction tolérable de l'eau du sol est le pourcentage d'eau disponible qui peut être extraite du sol avant l'apparition d'effets négatifs sur le rendement et la qualité de la récolte. Le coefficient de réduction tolérable de l'eau du sol est de 50 % pour les tomates.

Les caractéristiques climatiques importantes sont les précipitations de pluie, la radiation solaire, la température de l'air, les vents et l'humidité relative. L'eau évaporée par la végétation et le sol doit être remplacée par l'irrigation ou les pluies au cours de la saison de croissance. S'il pleut, les besoins d'irrigation sont moindres en général. Des pluies fines et graduelles échelonnées sur une longue période suffisent à réalimenter adéquatement la zone des racines, sans besoin d'irriguer, tandis que des averses de courte durée provoquent souvent du ruissellement et une percolation en profondeur. Étant donné la grande irrégularité des pluies, il est nécessaire de faire des relevés à proximité des champs où une irrigation est prévue. La quantité d'eau utilisée par les tomates dépend de la radiation solaire, de la température, du vent et de l'humidité relative. Les conditions climatiques sont nombreuses, mais, pour estimer la quantité maximale d'eau utilisée par les tomates, il suffit de multiplier la température de l'air par la radiation solaire.

Tableau 2. Écarts de la capacité de rétention et du taux d'absorption de l'eau disponible pour diverses textures de sol.

Texture du sol	Capacité de rétention (mm d'eau/cm de sol)	Taux d'absorption (mm/h)
Sable	0,5 à 0,8	12 à 20
Sable loameux	0,7 à 1,0	7 à 12
Loam sableux	0,9 à 1,2	7 à 12
Loam	1,3 à 1,7	7 à 12
Loam limoneux	1,4 à 1,7	4 à 7
Loam limono-argileux	1,5 à 2,0	4 à 7
Loam argileux	1,5 à 1,8	4 à 7
Argile	1,5 à 1,7	2 à 5

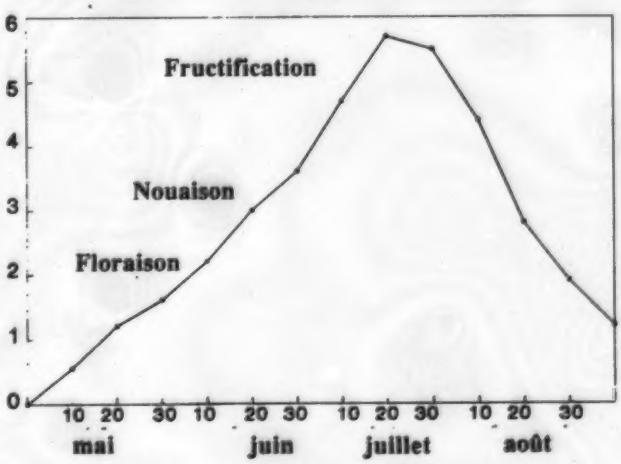

Figure 1. Taux moyen d'utilisation d'eau par les tomates (mm/jour)

Les méthodes éprouvées de régie sont indispensables; elles permettent de tirer le maximum de l'irrigation. Le producteur doit planter les bonnes variétés et aux populations recommandées, assurer une lutte efficace contre les mauvaises herbes, les maladies et les insectes et maintenir des niveaux de fertilité adéquats.

Méthodes pour établir les besoins d'irrigation

Voici trois moyens bien simples de savoir quand irriguer ou ne pas irriguer.

Premièrement, on peut procéder à un examen tactile du sol qui permettra de juger, par simple toucher, si le sol est assez sec pour irriguer ou assez humide pour attendre quelque temps. Bien que ce soit une méthode économique et rapide, sa précision laisse grandement à désirer.

L'utilisation de tensiomètres permet d'obtenir une autre opinion. Ces appareils mesurent la succion

capillaire. Beaucoup de producteurs en possèdent en Ontario. Leur utilisation pose cependant un problème car les lectures varient selon le type de sol. Les tensiomètres donnent les meilleurs résultats dans des sols sableux où ils peuvent enregistrer presque toute la gamme d'humidité disponible. Dans les sols lourds, une grande proportion de l'humidité disponible n'est pas détectable par le tensiomètre.

La troisième méthode est celle du bilan hydrique. Elle s'appuie sur des données climatiques et présente les avantages suivants sur le plan de la programmation de l'irrigation : 1) aucun équipement n'est nécessaire, 2) elle est d'une grande précision, 3) elle est d'utilisation simple et 4) elle est souple et peut facilement s'adapter à d'autres cultures.

Dans la méthode du bilan hydrique, la zone des racines est perçue comme un réservoir d'eau disponible. Le réservoir se remplit de deux façons; par les pluies et par l'irrigation. L'eau en est extraite par les plants. Le producteur se sert du bilan hydrique comme on gère un compte bancaire. L'irrigation et les pluies deviennent les dépôts effectués dans le compte et l'utilisation quotidienne d'eau par les plants, les retraits. L'humidité du sol disponible dans la zone des racines se compare alors au solde du compte. Pour que la méthode du bilan hydrique soit efficace, le producteur doit calculer la quantité d'eau extraite du sol pour déterminer la quantité à ajouter afin de maintenir le degré d'humidité dans l'écart idéal. Le plus important pour l'établissement d'un calendrier d'irrigation avec cette méthode, est d'évaluer avec précision l'utilisation quotidienne d'eau par les plants. On peut l'estimer en se servant du pourcentage de couverture végétale et du taux d'évapotranspiration maximale calculé à partir des données climatiques. Le bilan hydrique pour l'irrigation des tomates s'établit en six étapes de base.

Étape 1 Estimer la quantité d'eau disponible dans la zone des racines

Le tableau 2 présente les quantités estimées d'eau disponible par unité de profondeur d'enracinement par les sols de textures différentes. Avant la floraison, la plus grande partie des racines de tomate se trouve à une profondeur de 30 cm, puis à 60 cm lors de la nouaison et de la fructification. On calcule la quantité totale d'eau disponible en multipliant la teneur en eau disponible appropriée par la profondeur d'enracinement.

Étape 2 Estimer la réduction tolérable de l'eau du sol (ou seuil de réduction du rendement) entre les irrigations

Comme nous venons de le voir, la réduction tolérable de l'eau du sol est cette portion de l'eau disponible dans la zone des racines (50 % pour les tomates) qui peut être extraite sans provoquer d'effets nuisibles sur le rendement et la qualité. Pour obtenir cette donnée, on multiplie simplement la quantité d'eau disponible (étape 1) par 50 %.

Étape 3 Estimer le taux d'utilisation d'eau

Le tableau 3 présente des données sur l'utilisation quotidienne moyenne d'eau par les tomates à trois endroits dans le Sud de l'Ontario, compte tenu du pourcentage de couverture végétale (pourcentage de la surface du sol couvert par les plants).

Étape 4 Choisir quand irriguer

Idéalement, on détermine le moment de la première irrigation au printemps en prenant comme point de départ le moment où le sol est complètement mouillé à la suite d'une irrigation ou d'abondantes pluies, qui amènent le réservoir du sol à se remplir jusqu'à la capacité au champ., Si le sol n'est p à capacité au champ, il faut déterminer la quantité initiale d'eau disponible dans la zone des racines par observation directe (examen tactile du sol) ou par des relevés (méthode du tensiomètre). On détermine à quel moment irriguer en soustrayant l'utilisation quotidienne d'eau (étape 3) de la quantité totale d'eau disponible dans la zone des racines (étape 1) jusqu'à ce qu'on atteigne le niveau de réduction tolérable (étape 2). La procédure est décrite au tableau 4.

Tableau 3. Estimation de l'utilisation quotidienne moyenne d'eau par les tomates dans le Sud de l'Ontario*

Mois	Ridgetown			Simcoe			Windsor		
	% couver. végé.			% couver. végé.			% couver. végé.		
Date	0-30	30-70	70-100	0-30	30-70	70-100	0-30	30-70	70-100
	Utilisation quotidienne moyenne d'eau (mm)								
Mai 1- 7	0,4	1,7	2,2	0,4	2,2	2,8	0,4	1,7	2,2
8-14	0,7	3,0	3,8	0,7	3,0	3,8	0,7	3,0	3,8
15-21	0,7	3,0	3,8	0,9	3,8	4,7	0,8	3,1	3,9
22-31	0,7	3,0	3,8	0,9	3,8	4,7	0,8	3,1	3,9
Juin 1-7	0,8	3,4	4,2	1,0	4,0	5,0	0,8	3,4	4,2
8-14	0,8	3,4	4,2	1,0	4,0	5,0	0,8	3,4	4,2
15-21	0,9	3,8	4,7	1,0	4,2	5,2	0,9	3,7	4,6
22-30	1,0	4,2	5,2	1,1	4,4	5,5	1,0	3,9	4,9
Juil. 1-7	0,9	3,8	4,7	1,1	4,3	5,4	1,0	4,0	5,0
8-14	0,9	3,8	4,7	1,1	4,3	5,4	1,1	4,2	5,2
15-21	0,9	3,4	4,6	1,1	4,3	5,4	1,1	4,2	5,2
22-31	0,9	3,4	4,6	1,1	4,3	5,4	1,0	3,8	4,8
Aout 1-7	0,9	3,4	4,6	1,0	3,9	4,9	1,0	3,8	4,8
8-14	0,8	3,0	3,8	0,9	3,6	4,5	0,8	3,4	4,2
15-21	0,6	2,6	3,2	0,8	3,3	4,1	0,7	2,8	3,5
22-31	0,6	2,6	3,2	0,8	3,3	4,1	0,7	2,8	3,5
Sept. 1-7	0,5	2,0	2,6	0,7	2,7	3,4	0,5	2,2	2,7
8-14	0,4	1,8	2,2	0,6	2,4	3,0	0,5	1,9	2,4

*Calculée à partir des données sur l'évapotranspiration hebdomadaire maximale à chacun des endroits en utilisant les facteurs 20, 80 et 100 % correspondant aux trois groupes de pourcentages (0-30; 30-70; 70-100) de la couverture végétale. (Données sur l'évapotranspiration maximale hebdomadaire tirées de Treidl, 1970. Données sur les paramètres de cultures de Tan et Fulton, 1980).

Étape 5 Calculer les quantités d'eau d'irrigation

Quantité d'eau à irriguer =

$$\frac{\text{réduction tolérable}}{\text{efficacité d'irragation}} = \frac{50\ \% \times \text{eau disponible}}{\text{efficacité d'irrigation}}$$

L'efficacité de l'irrigation varie selon la dimension et l'uniformité des champs et les conditions climatiques. La percolation en profondeur, le ruissellement et l'évaporation peuvent annihiler les arrosages. Les systèmes d'irrigation par aspersion, bien construits et bien utilisés, ont une efficacité de l'ordre de 75 % en général; et les systèmes goutte-à-goutte sont habituellement beaucoup plus efficaces.

Étape 6 Calculer la durée des arrosages

$$\text{Durée d'arrosage} = \frac{\text{quantité d'eau à appliquer}}{\text{taux d'arrosage}}$$

La durée des arrosages est fonction de la quantité d'eau à appliquer (étape 5) et de la vitesse d'absorption de l'eau par le sol (tableau 2). Si le sol absorbe lentement l'eau, choisir un système dont le taux d'arrosage sera suffisamment lent pour empêcher la mise en boue du sol.

Exemple 1 Soit :

Type de sol : Sable loameux
Profondeur d'enracinement : avant floraison : 30 cm
après floraison : 60 cm

Calculs :

Étape 1 Eau disponible totale dans la zone des racines (avant floraison)
= eau disponible (mm/cm) x prof. d'enracinement
= 1,0 mm/cm x 30 cm
= 30 mm
Eau disponible totale dans la zone des racines (après floraison)
= 1,0 mm/cm x 60 cm
= 60 mm

Étape 2 Réduction tolérable de l'eau du sol (avant floraison)
= 50 % x eau disponible dans la zone des racines
= 50 % x 30 mm = 15 mm
par conséquent, l'irrigation débute lorsque 15 mm d'eau ont été utilisés (cf. tableau 3)
Réduction tolérable de l'eau du sol (après floraison)
= 50 % x 60 mm = 30 mm
par conséquent, l'irrigation débute lorsque 30 mm d'eau ont été utilisés (cf. tableau 3)

Étape 3 On peut se servir du tableau 3 pour estimer l'utilisation d'eau quotidienne selon la période de la saison et le pourcentage de couverture végétale. Par exemple, à Ridgetown, dans les deux premières semaines de juillet, si la culture couvre 50 % de la surface du sol, l'utilisation quotidienne d'eau est de 3,8 mm.

Tableau 4. Exemple de l'application du bilan hydrique à l'établissement d'un calendrier d'irrigation pour les tomates

Endroit : Harrow
Type de sol : Sable loameux
Profondeur d'enracinement :
avant la floraison (avant le 15 juin) : 30 cm
après la floraison (après le 16 juin) : 60 cm
Quantité maximale d'eau disponible :
avant la floraison : 30 mm (voir exemple 1)
après la floraison : 60 mm (voir exemple 1)
Réduction tolérable de l'eau du sol :
avant la floraison : 15 mm (voir exemple 1)
après la floraison : 30 mm (voir exemple 1)

Date	Pluie (mm)	Couverture végétale %	Eau utilisée (mm)	Eau disponible (mm)	Eau d'irrigation (mm)
Juin 1987					
1	0,8	25	0,8[a]		
2	44,4	25	0,8	30,0[b]	
3		25	0,8	29,2	
4		25	0,8	28,4	
5	0,4	30	0,8	28,0	
6	1,6	30	0,8	28,8	
7		30	0,8	28,0	
8	1,6	40	3,4	26,2	
9		40	3,4	22,8	
10		40	3,4	19,4	
11	8,4	40	3,4	24,4	
12		45	3,4	21,0	
13		45	3,4	17,6	
14		45	3,4	14,2[c]	20[d]
15		50	3,7	30,0	
16		50	3,7	60,0[e]	
17		50	3,7	56,3	
18		50	3,7	52,6	
19	9,4	50	3,7	58,3	
20		60	3,7	54,6	

[a] Voir tableau 3

[b] Le 2 juin, une pluie abondante (44,4 mm) a rempli le réservoir du sol jusqu'à capacité au champ.

[c] La quantité totale d'eau disponible dans la zone des racines à 30 cm a baissé au-dessous du niveau de réduction tolérable de 15 mm.

[e] Quantité totale d'eau disponible après la floraison = eau disponible (mm/cm) x profondeur d'enracinement = 1,0 mm/cm x 60 cm = 60 mm.

[d] Quantité d'eau d'irrigation =
$\frac{\text{Réduction tolérable de l'eau du sol}}{\text{Efficacité d'irrigation}} = \frac{15\text{ mm}}{0{,}75} = 20\text{ mm}$

[f] Durée d'arrosage = $\frac{\text{Quantité d'eau d'irrigation}}{\text{Taux d'arrosage}} = \frac{20\text{ mm}}{12\text{ mm/h}} = 1\text{ h }40$

Étape 4 On peut déterminer le moment d'irriguer en divisant le coefficient de réduction tolérable de l'eau du sol (étape 2) par l'utilisation quotidienne prévue pour la culture (étape 3). Par exemple, s'il ne pleut pas au cours des 2 premières semaines de juillet, il faudrait irriguer (15 mm/3,8 mm) tous les 4 jours avant la floraison et tous les 8 jours (30 mm/3,8 mm) après la floraison.

Étape 5 Quantité d'eau d'irrigation (avant floraison)

$= \frac{\text{réduction tolérable (étape 2)}}{\text{efficacité d'irrigation}} = \frac{15 \text{ mm}}{0{,}75} = 20 \text{ mm}$

Quantité d'eau d'irrigation (après la floraison)

$= \frac{30 \text{ mm}}{0{,}75} = 40 \text{ mm}$

Étape 6 Durée d'arrosage (avant la floraison)

$= \frac{\text{quantité d'eau (étape 5)}}{\text{taux d'arrosage (tab. 2)}} = \frac{20 \text{ mm}}{12 \text{ mm/h}} = 1 \text{ h } 40$

Durée de l'arrosage (après floraison)

$= \frac{40 \text{ mm}}{12 \text{ mm/h}} = 3 \text{ h } 20$

Exemple 2 Soit :

Type de sol : Loam

Profondeur d'enracinement : avant floraison : 30 cm
après floraison : 60 cm

Calculs :

Étape 1 Eau disponible totale dans la zone des racines (avant floraison)
= 1,7 mm/cm x 30 cm
= 51 mm

Eau disponible totale dans la zone des racines (après floraison)
= 1,7 mm/cm x 60 cm
= 102 mm

Étape 2 Réduction tolérable de l'eau du sol (avant floraison)
= 50 % x 51 mm = 25,5 mm

Réduction tolérable de l'eau du sol (après floraison)
= 50 % x 102 mm = 51 mm

Étape 3 Même que dans l'exemple 1

Étape 4 S'il ne pleut pas dans les deux premières semaines de juillet, il faudrait appliquer tous les sept jours environ (25,5 mm/3,8 mm) avant la floraison et tous les 13 jours (51 mm/3,8 mm) après la floraison.

Étape 5 Quantité d'eau d'irrigation (avant la floraison)

$= \frac{25{,}5 \text{ mm}}{0{,}75} = 34 \text{ mm}$

Quantité d'eau d'irrigation (après la floraison)

$= \frac{51 \text{ mm}}{0{,}75} = 68 \text{ mm}$

Étape 6 Durée d'arrosage (avant la floraison)

$= \frac{34 \text{ mm}}{12 \text{ mm/h}} = 2 \text{ h } 50$

Durée d'arrosage (après la floraison)

$= \frac{68 \text{ mm}}{12 \text{ mm/h}} = 5 \text{ h } 40$

Exemple 3 Soit :

Type du sol : Argile

Profondeur d'enracinement : avant la floraison : 30 cm
après la floraison : 60 cm

Calculs :

Étapes 1 à 5 Même que dans l'exemple 2

Étape 6 Durée d'arrosage (avant la floraison)

$= \frac{34 \text{ mm}}{5 \text{ mm/h}} = 6 \text{ h } 48$

Durée d'arrosage (après la floraison)

$= \frac{68 \text{ mm}}{5 \text{ mm/h}} = 13 \text{ h } 36$

Références

Tan, C.S. 1980. *Estimating crop evapotranspiration for irrigation scheduling*. Agriculture Canada, vol. 25(4) p.26 à 29.

Tan, C.S. et J.M. Fulton. 1980. *Ratio between evapotranspiration of irrigated crops from floating lysimeters and Class A pan evaporation*. Can. J. Plant Sci. 60, 197 à 201.

Treidl, R.A. 1979. *Handbook on agricultural and forest meteorology manual*. Atmosphere Environment, Downsview, Ontario.

1M
ISSN 0836 1053
Also available in English